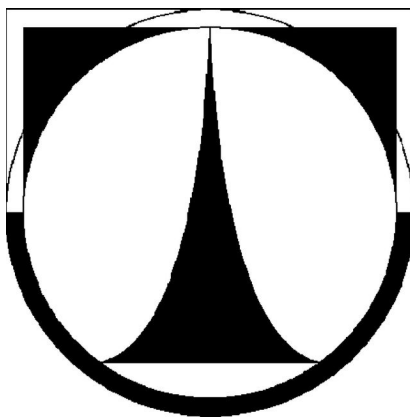


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra textilních a jednoúčelových strojů



Bakalářská práce

Na téma:

Konstrukční řešení podávacího systému pro svorku TIM25

Structural design of feeding system for clamp TIM25

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Kulič

Číslo bakalářské práce:

KTS-B036

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se vztahuje zákon č.121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL), nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji – li bakalářskou práci, nebo poskytnu – li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto chci poděkovat všem, kteří mi při zpracování této bakalářské práce podali pomocnou ruku. Zejména svému otci panu Ing. Zdeňku Kuličovi za konzultace, množství užitečných rad a za zapůjčení licence k programu SolidWorks Professional 2009. Mé poděkování patří také vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Martinu Bílkovi, Ph.D., zejména za pomoc při zpracování práce.

Abstrakt

Úkolem této bakalářské práce je nalezení nového podávacího systému pro zadaný díl. Je zde uveden stručný popis některých používaných podávacích systémů a jejich vlastností, hlavně v oblasti montážních automatů. V rámci této práce je pro určenou součástku proveden výběr podávacího systému pro automatickou montážní linku na svorku Tim25, včetně konstrukčního zpracování a souvisejících výpočtů.

Klíčová slova: podávací systém, podavač, zásobník, orientace, dopravník

Abstract

The objective of this bachelor's thesis is to find new feeding system for specified part. There is made a brief description of some current feeding systems and their parameters, especially in the domain of assembly automats. In this thesis is made a selection of proper feeding system for specified part for assembly automat for clamp TIM25. Structural design and some calculations are included.

Key words: feeding system, feeder, container, orientation, conveyer

Obsah

Seznam použitých symbolů	8
Úvod.....	9
1. Přehled a popis dostupných podávacích systémů.....	10
1.1 Vibrační systémy.....	10
1.1.1 Vliv frekvence.....	10
1.1.2 Vliv zrychlení tratě	11
1.1.3 Vliv vibračního úhlu ψ	12
1.1.4 Vliv úhlu sklonu tratě θ	12
1.1.5 Vliv součinitele tření.....	12
1.1.6 Citlivost na objem náplně	13
1.1.7 Vyvažování vibračních zásobníků	13
1.1.8 Orientace součástí	14
1.2 Mechanické systémy	16
1.2.1 Podavač s pístovou trubicí	16
1.2.2 Podavač s kyvnou deskou	17
1.2.3 Podavač s rotujícími čepeli	18
1.2.4 Bubnové podavače	19
1.2.5 Pásové podavače	19
1.2.6 Rotační centrifugální systémy	20
1.2.7 Stupňové podavače	21
1.3 Dopravní tratě.....	22
1.3.1 Gravitační tratě	22
1.3.2 Poháněné tratě.....	23
1.3.2.1 Vibrační lineární dopravníky.....	23
1.3.2.2 Pásové dopravníky.....	23
1.3.2.3 Dopravní tratě s podporou proudu vzduchu	23
2. Výběr podávacího systému.....	24
2.1 Možnosti řešení	24
2.2 Zvolený systém	27
3. Konstrukční řešení a výpočty	28
3.1 Schéma	28

3.2	Předzásobník	29
3.3	Podavač s kyvnou deskou	30
3.3.1	Uložení kyvné desky	30
3.3.2	Pohon kyvné desky	32
3.3.3	Volba uložení a pohonu	32
3.3.4	Konstrukční řešení podavače s kyvnou deskou	33
3.3.5	Kontrolní výpočty	34
3.3.6	Výpočet doby jednoho cyklu	37
3.4	Orientační mechanismus + senzory	38
3.5	Kompletní podavač	39
4.	Závěr	41
5.	Seznam použité literatury	42
6.	Seznam příloh	43

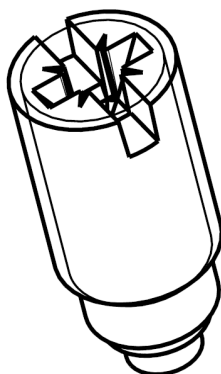
Seznam použitých symbolů

Symbol	Popis	Jednotky
a_0	Amplituda vibrací (vibrační systémy)	m
a_p	Pomocný rozměr podávaného dílu	m
a_v	Zrychlení válce	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
b_p	Pomocný rozměr podávaného dílu	m
C	Dynamická únosnost pojezdových kladek	N
F	Třecí síla mezi součástkou a tratí (vibrační systémy)	N
f	Frekvence buzení (vibrační systémy)	Hz
f_{Fe}	Součinitel tření mezi podávaným dílem a kyvnou deskou	-
g	Tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
h	Výška podávaného dílu	m
I_o	Moment setrvačnosti k ose rotace	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
l	Délka dráhy na kyvné desce	m
m_{ud}	Odpovídající užitečná hmotnost desky, založená na momentu setrvačnosti I_o	kg
m_k	Hmotnost úchyty s kolíkem	kg
m_p	Hmotnost součástky	kg
m_{uc}	Celková odpovídající užitečná hmotnost	kg
N_b	Počet dílů v minimální zásobě	ks
n_f	Počet dílů, které by systém podával během jednoho cyklu pracovní hlavy při účinnosti 100%.	ks
r	Vzdálenost čepu od středu rotace ve spodní pozici desky	m
T	Takt stroje	$\text{ks}\cdot\text{h}^{-1}$
t_o	Minimální doba pro opuštění tratě	s
t_{min}	Minimální doba cyklu	s
t_v	Minimální doba vysunutí válce	s
t_z	Minimální doba zasunutí válce	s
V	Objem	m^3
v_m	Rychlost podávání (vibrační systémy)	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Z	Zásoba	h
α	Úhlové zrychlení	s^{-2}
β	Úhel kyvu desky	°
η	Účinnost podávacího systému	- ; %
θ	Úhel sklonu tratě (vibrační systémy)	°
ψ	Vibrační úhel (vibrační systémy)	°
ω	Úhlová rychlost vibrací (vibrační systémy)	s^{-1}

Úvod

Pro automatizovanou výrobu a montáž je nutné vybavit jednoúčelové stroje zásobníky s navazujícími orientačními systémy, pro podávání potřebných dílů do stroje v daném taktu a s danou orientací. Kvůli neustálému vývoji ve strojírenském průmyslu je z důvodu konkurenceschopnosti nutné vyvíjet nové systémy a vylepšovat ty stávající. Z tohoto důvodu zadala firma *Alfa výroba jednoúčelových strojů s.r.o.* tuto bakalářskou práci. Jedná se o konstrukční zpracování podávacího systému, který bude použit na montážní lince pro firmu *Schneider Electric*.

Zadaný díl je zobrazený na obr. 1. Jedná se o šroub se závitem M7, o celkové délce 15,6mm. Požadavek je podat orientovaně 2400 kusů za hodinu, se zásobou na 2 hodiny. Výstupem z podávacího systému má být hadička, kterou se díl nastřelí na místo určení.



Obr. 1 Podávaný díl

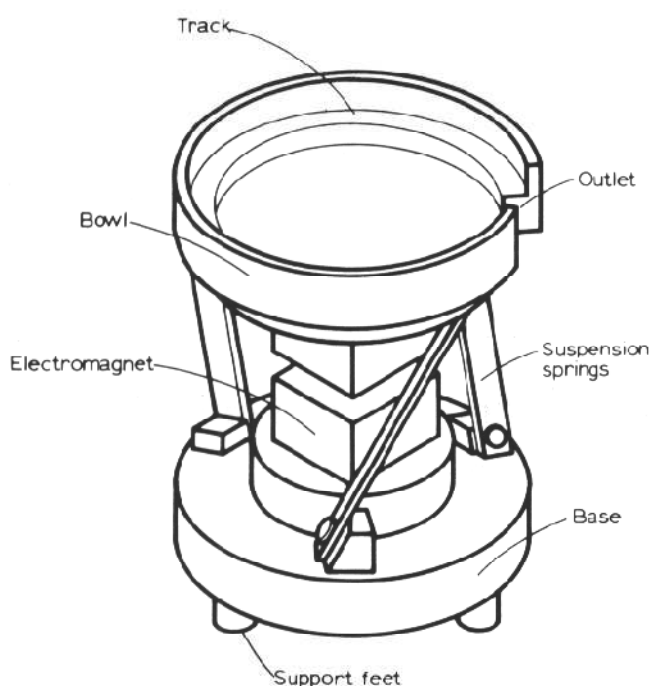
V první kapitole je proveden průzkum oblasti podávacích systémů a rozbor jednotlivých systémů. Průzkum vychází zejména z odborné literatury, z katalogů a prospektů specializovaných firem. Je zaměřen zejména na systémy vhodné pro podávání válcových dílů. Pozornost je věnována vibračním systémům a systémům mechanickým. Vibrační systémy mají velmi široké možnosti použití. Z toho důvodu jsou hojně používány pro nejrůznější aplikace. Naproti tomu mechanické systémy mají užší oblast použití, nicméně pro některé aplikace jsou vhodnější.

Z tohoto průzkumu je v další části proveden výběr vhodného systému a jeho konstrukční zpracování, s ohledem na výrobní možnosti a zvyklosti zadávající firmy.

1. Přehled a popis dostupných podávacích systémů

1.1 Vibrační systémy

Vibrační kruhové zásobníky jsou dnes nejvíce používané a nejvšestrannější systémy pro podávání zejména malých součástek. Vibrační zásobník sestává z nádoby se šroubovitou vnitřní dráhou. Nádoby můžou mít tvar například válcový, kuželový nebo stupňovitý. Nádoba je v typickém případě připevněna k válcové základně pomocí



Obr. 2 Typický vibrační kruhový zásobník [1]

skloněných listových pružin. Buzení vibrací zajišťuje elektromagnetický budič připevněný k základně. Díky upevnění pomocí skloněných listových pružin je nádoba vystavena torzním vibracím, které způsobí pohyb součástek vzhůru po šroubovitě dráze, kde jsou umístěny pasivní, případně aktivní orientační prvky (viz. dále) [1]. Princip vibračního kruhového zásobníku je zobrazen na obr. 2.

1.1.1 Vliv frekvence

Podle *Boothroyda* [1] platí:

$$fv_m = \text{konstanta} \quad (1)$$

f ... frekvence buzení

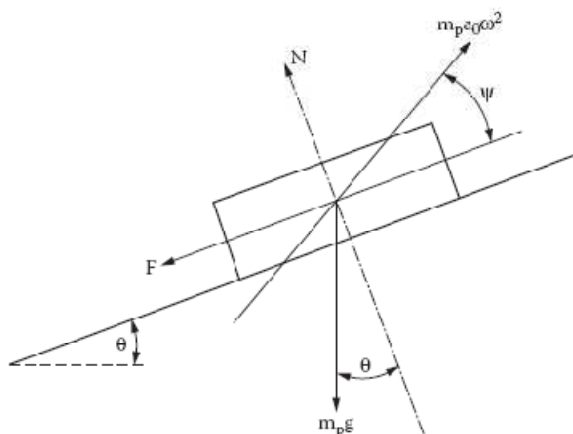
v_m ... rychlost podávání

Ze vztahu (1) plyne, že pro vysoké rychlosti podávání je vhodné použít tak nízkou frekvenci, jak jen je možné. Avšak kvůli zachování konstantního zrychlení trati,

vede snížení frekvence ke korespondujícímu zvýšení amplitudy. Nesmí se proto překročit určitá minimální hodnota frekvence, určená připojením zásobníku ke stroji[1].

1.1.2 Vliv zrychlení tratě

Operační podmínky vibračního zásobníku mohou být vyjádřeny pomocí bezrozměrné veličiny: Zrychlení tratě $\frac{A_n}{g_n}$, kde A_n je normálové zrychlení tratě ($A_n = a_n \omega^2 = a_0 \omega^2 \sin \psi$), g_n je normálové tíhové zrychlení ($g \cos \theta$) a g je tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m/s}^2$)[1]. Při pohledu na obr. 3 je zřejmé, že při určité hodnotě tohoto čísla začne součástka stoupat po trati vzhůru. Při hodnotě $\frac{A_n}{g_n} > 1$ dojde k „nadskočení“ součástky při každém cyklu. Teoreticky má zvýšení hodnoty $\frac{A_n}{g_n}$ za důsledek zvýšení rychlosti podávání. V určitém bodě však dojde zvýšením hodnoty zrychlení trati ke zvýšení rychlosti dopadu součástky zpět na trať, čímž může dojít k poskočení součástky. V tomto případě se podávací proces stává nevyzpytatelný a nestálý, teoretické předpovědi zde nadále neplatí [1].



Obr. 3 Silové účinky na součástku při vibračním podávání [1].

Legenda k obr. 3

F ... Třecí síla mezi součástkou a tratí

a_0 ... Amplituda vibrací

ω ... Úhlová rychlost vibrací

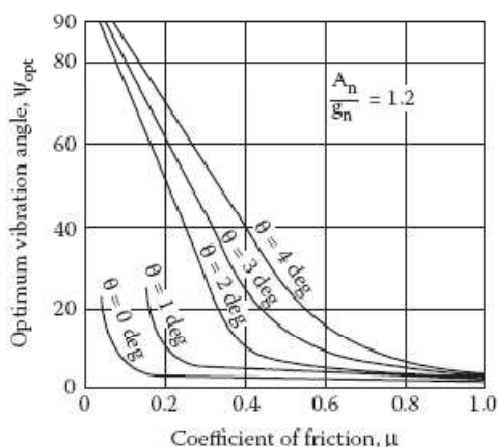
m_p ... Hmotnost součástky

θ ... Úhel sklonu tratě

ψ ... Vibrační úhel (úhel mezi tratí a rovinou vibrací)

1.1.3 Vliv vibračního úhlu ψ

Rychlost podávání je, dle Boothroyda[1], citlivá na změnu hodnoty vibračního úhlu. Pro určité hodnoty součinitele tření existují i příslušné hodnoty optimálního vibračního úhlu, jak je znázorněno na obr. 4. Vliv na optimální vibrační úhel mají také ostatní parametry (např. sklon tratě) [1].



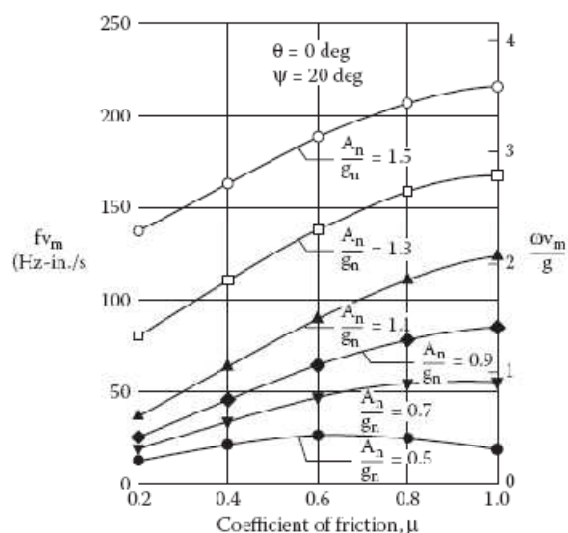
Obr. 4 Vliv součinitele tření na optimální vibrační úhel
(pro různé úhly sklonu tratě)[1]

1.1.4 Vliv úhlu sklonu tratě θ

Tento úhel se pohybuje typicky v rozmezí 3-4°, největší rychlost podávání je však pro $\theta=0$ [1]. Z toho plyne, že díly stoupající po skloněné dráze nádoby vibračního kruhového zásobníku budou konstantně tlačeny díly na rovném dně nádoby. To v praxi způsobuje jisté problémy při orientaci dílů, zasekávání a nespolehlivost [1].

1.1.5 Vliv součinitele tření

V praxi se součinitel tření při podávání vibračním kruhovým zásobníkem pohybuje v rozmezí 0,2 – 0,8 [1]. Na obr. 5 je znázorněn teoretický vliv součinitele tření na rychlost podávání.



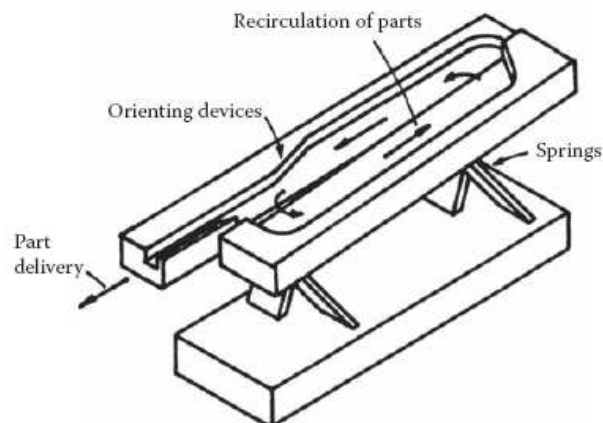
Obr. 5 Vliv součinitele tření na rychlost podávání [1].

1.1.6 Citlivost na objem náplně

Jednou z největších nevýhod vibračních kruhových zásobníků je změna vlastností při změně objemu dílů, přítomných v nádobě [1]. Nejpoužívanější řešení tohoto problému spočívá v umístění předzásobníku, který postupně doplňuje díly do zásobníku na základě signálu ze senzoru, který kontroluje množství dílů v nádobě vibračního zásobníku. Důsledkem toho je nejen optimalizace podávacího cyklu, ale i zvýšení kapacity celého systému a prodloužení času, po který pracuje stroj bez zásahu obsluhy. Předzásobníky mohou pracovat na principu lineárních vibračních dopravníků, nebo i nevibračních systémů (např. pásový dopravník).

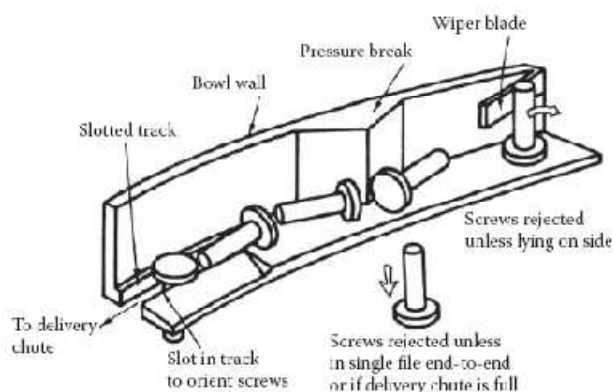
1.1.7 Vyvažování vibračních zásobníků

Velikým problémem při použití vibračních zásobníků je nutnost izolovat je od okolí. Obvyklým způsobem je umístění zásobníku na gumové nožičky. To má však bez vyvážení neblahý vliv na podávací proces. Proto se přistupuje k vyvažování. Princip vyvažování lze předvést na cirkulujícím vibračním zásobníku (obr. 6). Zde jsou dvě vibrující tratě umístěny vedle sebe, čímž se vytvoří protiváha a dojde k vyrušení horizontálních složek setrvačných sil. Tím se velmi omezí vibrace přenášené do okolí (tímto uspořádáním získáváme alternativu ke kruhovým zásobníkům)[1].



Obr. 6 Vyvážený vibrační zásobník (cirkulující zásobník) [1]

1.1.8 Orientace součástek



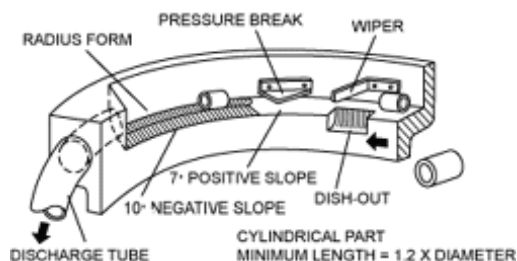
Obr. 7 Orientace šroubů [1]

Nedílnou součástí celého podávacího cyklu je orientace součástek. Podávané díly musí na místo určení (např. odběrné místo pro jednotku pick and place) dorazit nejen v potřebném taktu, ale i s příslušnou orientací. K tomuto účelu jsou dráhy vybaveny pasivními, případně aktivními orientačními prvky [1].

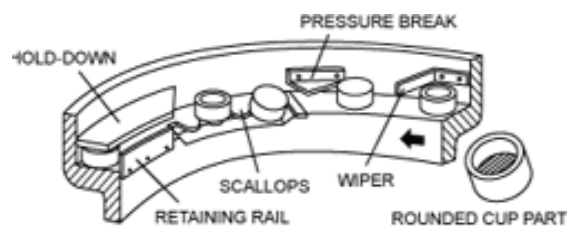
Příklad typické orientační dráhy je znázorněn na obr. 7.

Pasivní orientační prvky jsou obecně řečeno „filtry“, které navrátí součástku zpět do nádoby, pokud má jinou, než požadovanou orientaci. Takto se, většinou v několika krocích, dosáhne požadované orientace součástky. Pasivní orientační prvky mají nepříznivý vliv na takt podávání [1]. Patří mezi ně zúžení trati (v anglické literatuře zmiňované jako Pressure break), jehož úkolem je to, aby dále prošly díly jen v jedné řadě a v podélné orientaci (viz. obr. 7). Často používaný orientační prvek je „lišta stírače“ (Wiper blade), která odstraní díly stojící na své kratší straně, nebo díly ležící na sobě [1]. Dále se ve funkci orientačních prvků využívá různých příčných

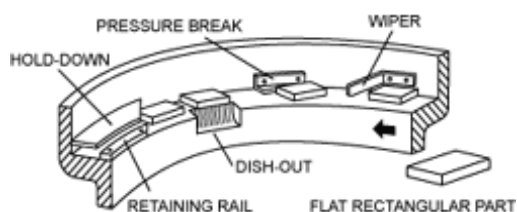
sklonů tratě, šikmin, drážek, vybrání a vzduchových trysek. Vzduchovými tryskami se dají nahradit různé jiné prvky, jako stírač (obr. 12) a zúžení tratě (obr. 13)[3]. Některé další příklady pro různé součástky jsou zobrazeny na obr. 8 až obr. 11, které zveřejnila společnost Automation Devices, Inc.[2] na svých webových stránkách.



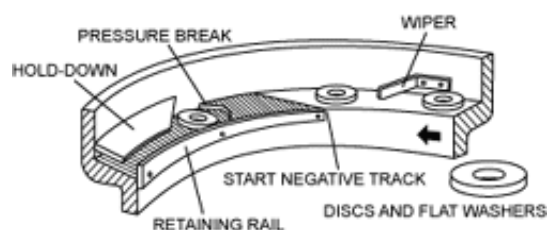
Obr. 8 orientace válcových součástek[2]



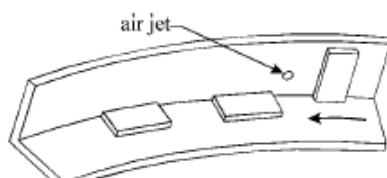
Obr. 9 orientace kalíškovitých dílů[2]



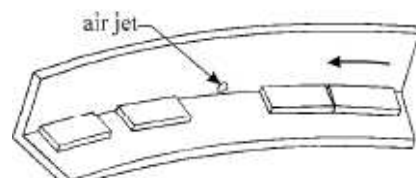
Obr. 10 orientace plochých obdélníkových dílů[2]



Obr. 11 orientace podložek[2]



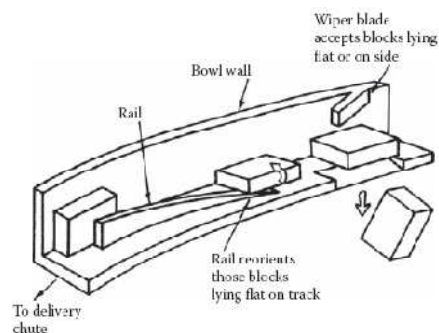
Obr. 12 Použití vzduchové trysky ve funkci stírače[3]



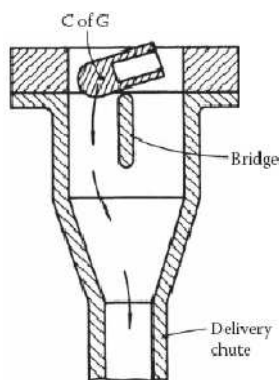
Obr. 13 Použití vzduchové trysky ve funkci zúžení[3]

Aktivní orientační prvky mají za úkol součástku naorientovat do požadované pozice. Proto mají na takt podávání příznivý vliv [3]. Použití aktivního orientačního prvku je vidět na obr. 14.

Někdy se přistupuje i k orientaci mimo zásobník. Takové orientační prvky jsou ve valné většině aktivní[1]. Využívá se v nich například polohy těžiště (obr. 15), nebo je dosaženo správné orientace pomocí různých mechanismů, případně s použitím senzorů.



Obr. 14 Použití aktivního orientačního prvku[1]

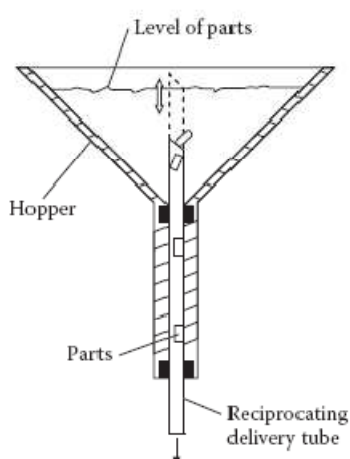


Obr. 15 orientace dílů s posunutým těžištěm[1]

1.2 Mechanické systémy

I když jsou vibrační systémy velmi hojně používány, existuje mnoho dalších typů podávacích systémů. Obvykle jsou použitelné jen pro určité typy součástek, ale mohou jimi být dosaženy lepší výsledky, než u vibračních systémů[1]. Systémů je velké množství, každá výrobní společnost má k problému svůj vlastní přístup. Rozdělení v této práci vychází opět z *Boothroyda* [1], doplněného informacemi od dalších autorů a o příklady dalších zařízení, používaných dnes ve strojírenství.

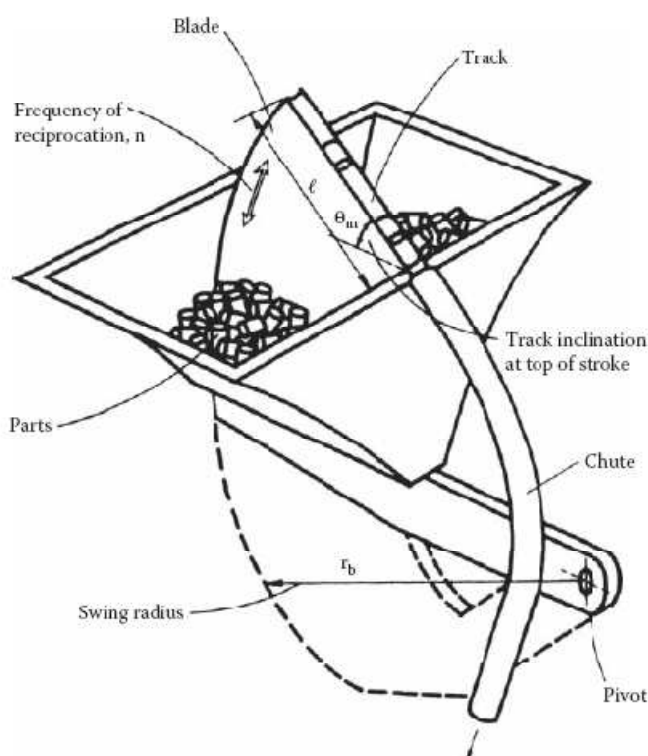
1.2.1 Podavač s pístovou trubicí



Obr. 16 Podavač s pístovou trubicí[1]

Skládá se z násypky kuželového tvaru, jejímž středem prochází pohyblivá trubice, viz. obr. 16. Dochází k vzájemnému vratnému pohybu, mezi trubicí a nádobou. Během cyklu dojde k tomu, že některé součástky spadnou do podávací trubice. Tento systém je vhodný pro pravidelné válcové součástky s délkou větší, než průměr[1].

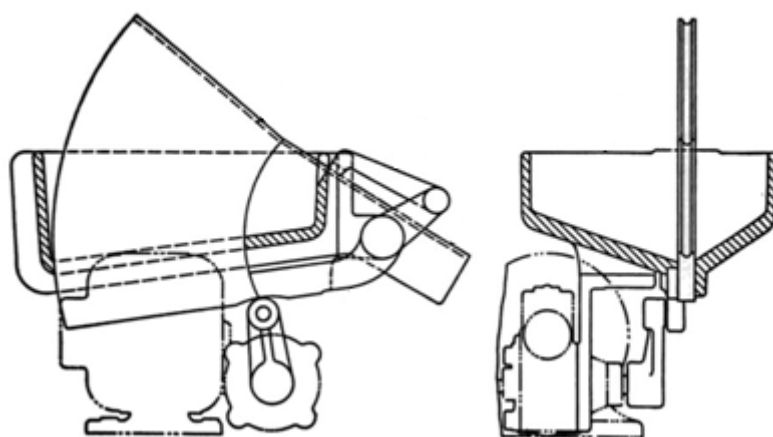
1.2.2 Podavač s kyvnou deskou



Obr. 17 Podavač s kyvnou deskou[1]

U tohoto typu je v násypce umístěna deska, pohybující se vratným kývavým pohybem po kruhové dráze. Na vrchní stěně desky je umístěna tvarovaná dráha, přizpůsobená podávaným dílům. Tento typ je vhodný pro válcové součástky s délkou větší, než průměr. Ve spodní poloze se naberoou součástky a po vysunutí do vrchní polohy je trať skloněna o určitý úhel takový, že součástky sklouznou směrem do skluzu

[1]. Podavač je schematicky znázorněn na obr. 17. Jako pohon lze použít například klikový, nebo vačkový mechanismus, s napojeným ramenem pro odtlačování špatně zorientovaných součástek [4] (viz. obr. 18).

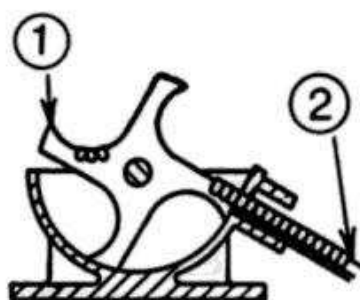


Obr. 18 Podavač s kyvnou deskou – provedení s vačkovým mechanismem [4]

Při návrhu se s ohledem na koeficient tření určuje optimální sklon a délka dráhy. Také je nutné navrhout správný úhel násypky, aby nedošlo k zasekávání dílů. Podle

výsledků z experimentálních měření je dle *Boothroyda* [1] větší účinnost takového podavače, pokud je z jedné strany desky pevná stěna.

K tomuto typu podavačů lze zařadit i systém, kde deska nekoná kývavý pohyb, ale pohyb rotační. Jedná se o kotouč s čepelemi, ve kterých je drážka, nebo jsou jinak přizpůsobeny tvaru součásti (například tak, že součástka tvaru písmene „u“ se zachytí kolem vrchní strany čepele). Součástky poté kloužou směrem k výstupnímu skluzu[4]. Schematické zobrazení tohoto systému je na obr. 19.

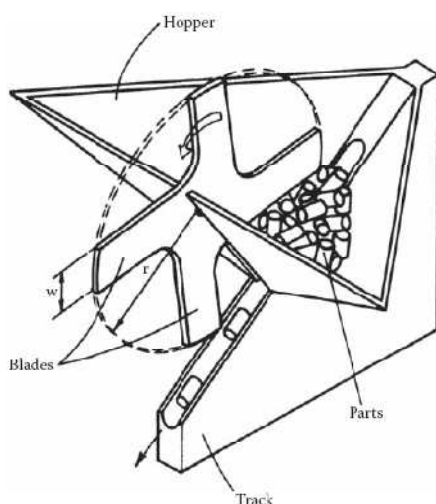


1 - nabírací deska

2 - výstupní skluz

Obr. 19 podavač s rotujícími deskami [4]

1.2.3 Podavač s rotujícími čepelemi

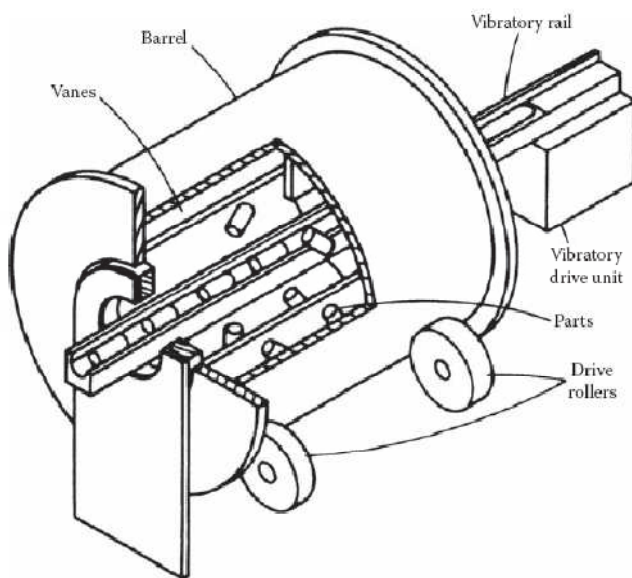


Tento podavač je opět vhodný pro podávání válcových dílů. Jedná se o zásobník s rotujícími čepelemi, které mají za úkol odsunout špatně orientované součástky (viz. obr. 20). Projdou jen součástky, které mají požadovanou orientaci [1].

Obr. 20 Podavač s rotujícími čepelemi [1]

1.2.4 Bubnové podavače

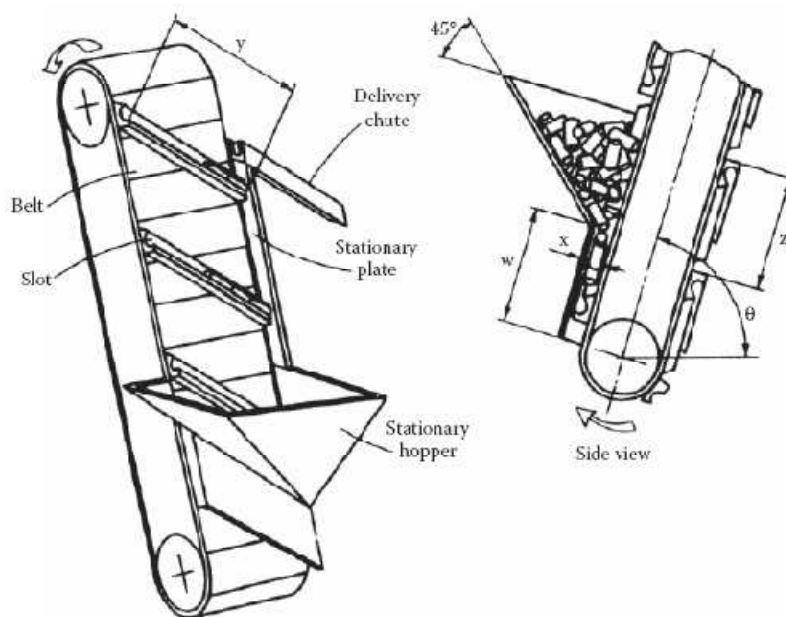
Díly jsou nasypány dovnitř rotujícího bubnu s vnitřními žebry. Při rotaci jsou díly vynášeny mezi žebry směrem nahoru po obvodu bubnu. V určitém místě díly sklouznou a některé díly spadnou do trati vedoucí středem bubnu. Trať bývá s vibračním pohonem, nebo jako pásový dopravník [4] (viz. obr. 21).



Obr. 21 Bubnový podavač [1]

1.2.5 Pásové podavače

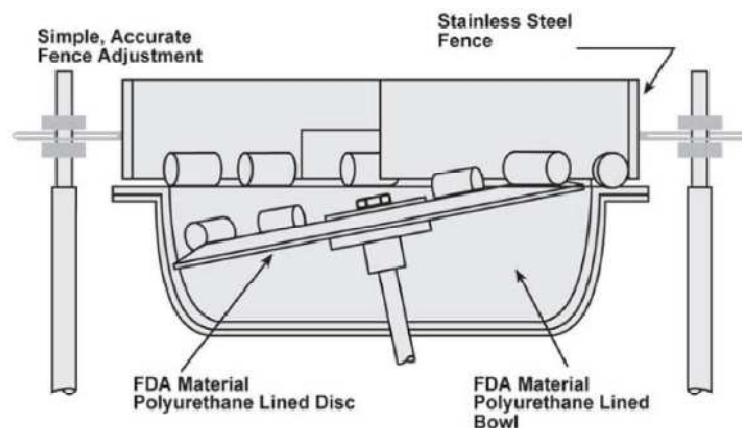
Systémy, jejichž součástí je pásový dopravník mohou být použity pro různé účely od pouhého dosypávání (rovinné, nebo skloněné pásové dopravníky) až po orientaci součástek. K podávání orientovaných součástek lze použít například systém zobrazený na obr. 22, kde jsou na pohyblivém pásu připevněny skloněné destičky s drážkami, přizpůsobenými pro podáváný díl. Po vystoupení se součástky posunou do skluzu, vedoucímu k místu určení [1].



Obr. 22 Elevating hopper feeder [1]

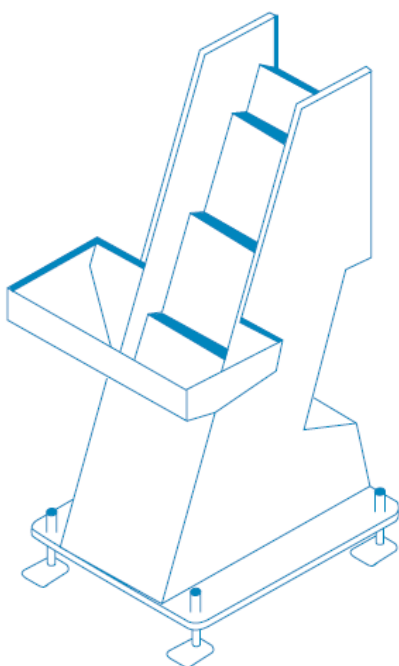
1.2.6 Rotační centrifugální systémy

Tyto podavače jsou používány pro vysokorychlostní podávání dílů, často i potravinářských výrobků, nebo pro aplikace, které nepřipouští vibrace. Rychlost podávání je závislá na tvaru podávané součásti. Může vyhovět i některým velmi vysokým požadavkům na takt podávání, například podle prospektu firmy FFM [6] až 3000 dílů za minutu (závisí též na výrobci, na podávaném dílu a na účelu podávání). Vzhledem k tomu, že existuje velké množství výrobců, kteří mají různé přístupy k této technologii, existuje spousta variací těchto systémů. Co však mají všechny společné, je kuželovitě tvarovaný disk uprostřed nádoby, který rotuje kolem své osy a v důsledku odstředivé síly (popřípadě s dopomocí vzduchové trysky, nebo pevné zábrany) jsou díly posouvány k vnějšímu okraji nádoby a nasměrovány do vodící a orientační dráhy až k tangenciálnímu výstupu. Princip těchto systémů je znázorněn na obr. 23.



Obr. 23 Rotační centrifugální podavač [7]

1.2.7 Stupňové podavače



Obr. 24 Stupňový podavač[9]

Tento systém (obr. 24) slouží k přesunu podávaných dílů ze zásobníku do dalšího stupně, například lineárního vibračního dopravníku, pásového dopravníku, nebo speciálního skluzu. Díly jsou dodávány v dávkách a to tak, že většina dílů dorazí do dalšího kroku podávání již předorientována, čímž se dosáhne zvýšení taktu (takt např. 100 ks/min [8], odvíjí se od tvaru dílu a záleží též na výrobci a konstrukci).

Principem jsou pohyblivé stupně, které konají vratný lineární pohyb. V dolní pozici stupeň nabere podávané díly a v horní pozici je předá dalšímu stupni. Stupňů může být libovolné množství podle toho, jaké výšky je třeba dosáhnout. Na konci jsou díly vrženy do k tomu účelu upravené dráhy, kde dojde k další orientaci.

Výhodou je tichý chod bez vibrací, šetrné zacházení s podávanými díly a relativně jednoduchá konstrukce. V určitých případech mu nemusí předcházet předzásobník a dostatečně veliký zásobník lze umístit přímo k podavači. Výhodou je také nízká výška násypky a s tím spojená snadná obsluha.

1.3 Dopravní tratě

Dopravní tratě slouží k přesunu již zorientovaných dílů k místu odběru součásti, například jednotkou pick and place. Případně mohou být uzpůsobeny ke konečné orientaci podávaných součástek. Zároveň slouží jako zásobníky zorientovaných dílů.

1.3.1 Gravitační tratě

Tyto tratě využívají k dopravě dílů vhodného sklonu, bez jakéhokoliv pohonu. Součástky lze dodávat do koncové pozice jak vertikálně, tak i horizontálně. U horizontální koncové polohy však nelze dosáhnout úplného vyprázdnění tratě, proto je třeba zajistit určitou minimální výšku dílů v trati pomocí senzorů. Kvůli zajištění potřebné rychlosti podání je nutné zajistit určitou minimální výšku i u tratí s vertikální koncovou polohou [1].

Při návrhu takovéto tratě se navrhuje minimální a maximální výška dílů (umístění on/off senzorů). Minimální výška se navrhuje s ohledem na potřebnou rychlost podání, má na ni tedy vliv koeficient tření. Umístění prvního senzoru (on sensor) se volí s ohledem na minimální nutnou zásobu, potřebnou pro chod stroje (nesmí dojít k úplnému vyčerpání zásoby). Na minimální zásobu má vliv účinnost a rychlost podávacího systému. V literatuře [1] je odvozen vztah (2) pro určení této minimální zásoby. Maximální výška, tedy umístění druhého senzoru se odvíjí od faktu, že podávací systémy předcházející dopravní trati mají vyšší takt podávání, než je takt stroje. Při naplnění tratě signál z příslušného senzoru vypne podávací systém do okamžiku, kdy hladina dílů klesne až k pozici, na které je umístěn senzor minimální zásoby [1].

$$N_b = \frac{16(1-\eta)}{n_f\eta} + 2 \quad (2)$$

N_b ... počet dílů v minimální zásobě

η ... účinnost podávacího systému

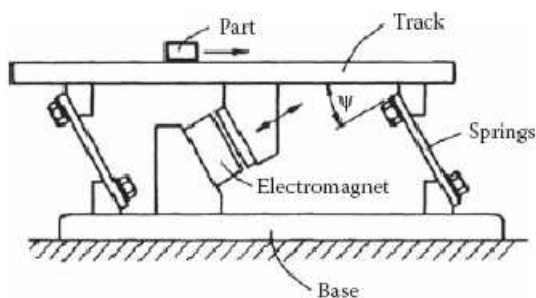
n_f ... počet dílů, které by systém podával během jednoho cyklu pracovní hlavy při účinnosti 100%.

1.3.2 Poháněné tratě

1.3.2.1 Vibrační lineární dopravníky

Tento typ funguje na stejném principu, jako vibrační zásobníky, uvedené v podkapitole 1.1. Jedná se o velmi často používaný způsob dopravy podávaných dílů ze zásobníku k odběrnému místu. Princip lineárního dopravního dopravníku je znázorněn na obr. 25. Pohony bývají vyvážené na stejném principu, který je vysvětlen v kapitole 1.1.7 na obr. 5, přičemž díly necirkulují, ale je použito protizávaží.

Na lineární vibrační pohon lze umístit násypku a použít vzniklou sestavu jako předzásobník.



Obr. 25 Lineární vibrační dopravník [1]

1.3.2.2 Pásové dopravníky

K transportu dílů lze použít také pásové dopravníky, nicméně jsou v daném odvětví (automatizovaná montáž) používány méně. Větší využití nalézají u balicích strojů. Pásové dopravníky jsou také často používány na pozici předzásobníků. Nad pás je umístěna násypka a řízeným spouštěním pásu dochází k transportu dílů do podávacího zařízení. Tato aplikace je pro automatizovanou montáž obvyklejší.

1.3.2.3 Dopravní tratě s podporou proudu vzduchu

Jedná se často o gravitační dopravní tratě, u kterých z nějakého důvodu pouhý sklon nestačí. Proto je přidána vzduchová tryska, která podávané díly proudem vzduchu tlačí [1].

2. Výběr podávacího systému

Vzhledem ke tvaru dílu není možná úplná orientace pouze pomocí klasických orientačních způsobů, ale vedle klasického podavače bude nutné přistoupit k závěrečné orientaci pomocí vhodného mechanismu a senzorů.

Prvním krokem bylo stanovení kritérií výběru, dle kterých byl vybrán vhodný systém pro použití ve funkci podavače. V úvahu byly při tomto výběru vzaty systémy uvedené v průzkumu v kapitole 1.

Vhodnost systému byla posuzována dle následujících kritérií:

- Úroveň složitosti provedení
- Hlučnost provozu
- Nežádoucí vibrace přenášené do okolí
- Zacházení s podávanými díly
- Možnost ovlivnění taktu podávání
- Univerzálnost konstrukčního řešení
- Vhodnost pro firmu Alfa

2.1 Možnosti řešení

Možnost 1: Vibrační zásobník (viz. podkapitola 1.1)

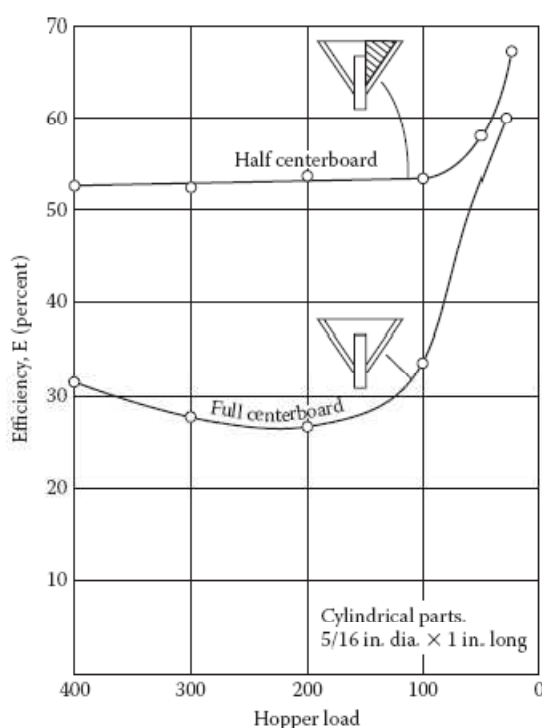
Výhodou vibračních zásobníků je zejména jejich všestranná použitelnost. Nicméně pro různé díly se liší ve tvaru a velikosti drah a v použití orientačních prvků. Vliv na podávací proces má velké množství faktorů (frekvence, zrychlení tratě, vibrační úhel, úhel sklonu tratě, součinitel tření, hladina dílů v zásobníku). Vibrace mohou způsobovat problémy při umístění do stroje. Tyto systémy se též vyznačují zvýšenou hlučností, což je spojeno s výrobou přídavných odhlučňovacích krytů. Pro odladění systému jsou zapotřebí určité zkušenosti v této oblasti. Bez těchto zkušeností je zde zvýšené riziko nepředpokládaného nárůstu nákladů.

Možnost 2: Podavač s pístovou trubicí (viz. podkapitola 1.2.1)

Mezi výhody tohoto systému patří vertikální výstup dílů a jednoduchý princip. Nicméně je zde možnost komplikací, související s oscilací výstupní trubice a dá se předpokládat zasekávání dílů ve vstupu do trubice, vlivem závitů, drážek pro šroubovák a osazení.

Možnost 3: Podavač s kyvnou deskou (viz. podkapitola 1.2.2)

Jednou z výhod tohoto systému je fakt, že dráha je ve spodní pozici ve vodorovné poloze, díky čemuž nabírá díly po celé své délce, i při snížení hladiny dílů v zásobníku. Dokonce se, dle *Boothroyda* [1], účinnost s klesající hladinou dílů v zásobníku zvyšuje. Zvýšení účinnosti lze také dosáhnout zakrytím jedné strany zásobníku tak, že podávané díly jsou jen na jedné straně kyvné desky (obr. 26). Obě tyto skutečnosti hrály roli při volbě systému. Dalším faktorem byl potenciál tohoto systému pro podávání dalších válcových dílů. Na trhu jsou též zařízení na stejném principu, avšak upraveny pro podávání šroubů s hlavou [5]. Před použitím této úpravy by však bylo nutné provést hlubší průzkum v oblasti patentů. Také jemné zacházení s podávanými díly hovoří ve prospěch tohoto systému.



Obr. 26 Vliv náplně na účinnost podávání [1]

Nevýhoda tohoto systému spočívá v problematickém umístění bodu rotace desky.

Možnost 4: Podavač s rotujícími čepelemi (viz. podkapitola 1.2.3)

Tento systém funguje na velmi jednoduchém principu. Čepele rotují, promíchávají díly a propouštějí pouze ty, které mají správnou orientaci. Díky opakovanému promíchávání obsahu násypky čepelemi by však mohlo dojít k poškození povrchu některých dílů.

Možnost 5: Bubnový podavač (viz. podkapitola 1.2.4)

Podavač tohoto typu má nevýhodu v přítomnosti vibračního dopravníku. Konstrukce bubnu tak, aby bylo umožněno dosypávání a zároveň zabráněno samovolnému vypadávání dílů, by bylo problematické. Také lze předpokládat opotřebení podávaných dílů vlivem rotace bubnu.

Možnost 6: Pásové podavače (viz. podkapitola 1.2.5)

U tohoto systému by mohly vzniknout komplikace v napojení skluzových drah na pás. Na principu nabírání součástek a jejich přemístění do výstupního skluzu funguje již možnost 3, podavač s kyvnou deskou. Ten má však oproti tomuto systému tu výhodu, že nabírací dráha je ve spodní pozici ve vodorovné poloze.

Možnost 7: Rotační centrifugální systémy (viz. podkapitola 1.2.6)

Tento systém má pro náš účel zbytečně velké rychlosti podávání a konstrukce tohoto systému by se mohla ukázat jako příliš komplikovaná jak pro zpracování, tak především pro následnou výrobu a odladění systému.

Možnost 8: Stupňové podavače (viz. podkapitola 1.2.7)

Při použití tohoto systému, by na jeho výstupu musela navazovat dopravní dráha, pro náš případ nejspíše ve formě lineárního vibračního dopravníku, na které by se odstranily a následně vrátily do zásobníku díly, které by neměly požadovanou orientaci.

2.2 Zvolený systém

Vibrační systémy nevyhovují některým stanoveným kritériím zejména díky vyšší hlučnosti a přítomnosti vibrací. Systém zároveň není vhodný pro výrobu firmou Alfa, protože tato firma nemá s výrobou těchto systémů zkušenosti. Volba byla tedy dále prováděna mezi mechanickými systémy. U některých možností (zejména u možností 2 a 4) lze předpokládat nežádoucí opotřebení podávaných dílů. Určité systémy by pro náš případ musely obsahovat vibrační dopravníky (5 a 8). Další nezanedbatelný faktor je složitost konstrukce a s tím spojené možnosti problémů při odladění a provozu (2, 5, 6 a 7). Při zvažování faktoru univerzálnosti vychází z mechanických systémů nejlépe možnosti 7 a 8, tyto volby však nejsou výhodné ať už z důvodu složitosti konstrukce (7), nebo z důvodu nutnosti přítomnosti vibračního dopravníku (8). Požadavek univerzálnosti splňuje také možnost 3: *Podavač s kyvnou deskou*, kde je prostor pro vývoj systému pro podávání šroubů s hlavou. Ostatní systémy jsou použitelné téměř výhradně pro válcové díly.

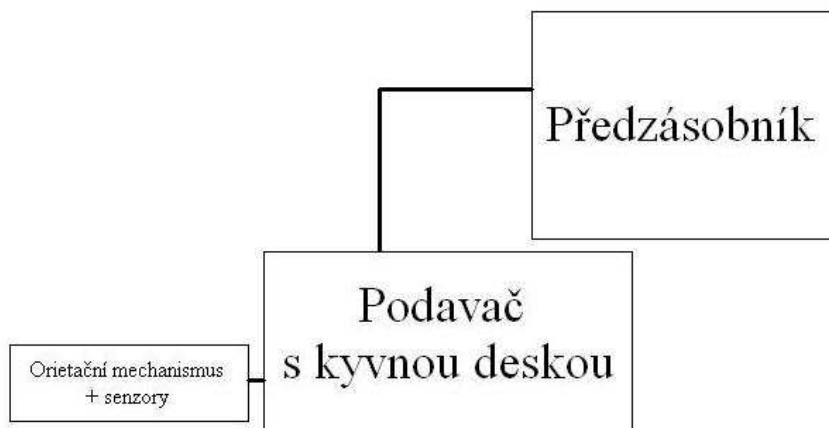
Při zvážení vlastností jednotlivých možností byla zvolena možnost 3: *Podavač s kyvnou deskou*. Tato volba byla poté diskutována s firmou Alfa a byla schválena. Popis principu tohoto zařízení je uveden v podkapitole 1.2.2 a doplněn v podkapitole 2.1.

Hlavní výhody zvoleného systému:

- Jednoduchý mechanický princip
- Tichý provoz bez vibrací
- Jemné zacházení s podávanými díly
- Ovlivnitelnost taktu podávání upravením hladiny dílů v násypce, nebo jednoduchou konstrukční úpravou (popsáno v podkapitole 2.1)
- Možnosti dalších aplikací pro různé válcové díly, případně i pro šrouby s hlavou

3. Konstrukční řešení a výpočty

3.1 Schéma



Obr. 27 Schéma řešeného podávacího systému

Podávací systém se bude skládat ze 3 částí (viz. obr. 27).

a) Předzásobník

- Vzhledem k velké požadované zásobě je nezbytný.
- Umožní regulovat množství dílů obsažených v násypce podavače a tím ovlivňovat účinnost podávání (viz. obr. 26 v předcházející kapitole).

b) Podavač s kyvnou deskou

- Zde dojde k částečné orientaci dílů a jejich transportu do hadičky, kde se vytvoří mezizásoba před orientačním mechanismem.

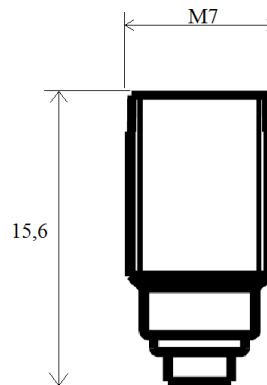
c) Orientační mechanismus + senzory

- Zde dojde k dokončení orientačního procesu a nastřelení dílu na místo montáže.

3.2 Předzásobník

- Výpočet objemu předzásobníku
 - Zásoba: $Z = 2h$
 - Takt stroje: $T = 2400 \text{ ks/h}$
 - Vnější rozměry dílu (viz obr. 28): *Závit M7*

Výška 15,6mm



Obr. 28 Vnější rozměry šroubu

- Přibližný objem, vyplněný zásobou dílů:
 - Z důvodu neuspořádané orientace dílů v násypce je výpočet proveden pro díl kvádrového tvaru, o stranách $a_p=0,007m$; $b_p=0,007m$; $h=0,0156m$

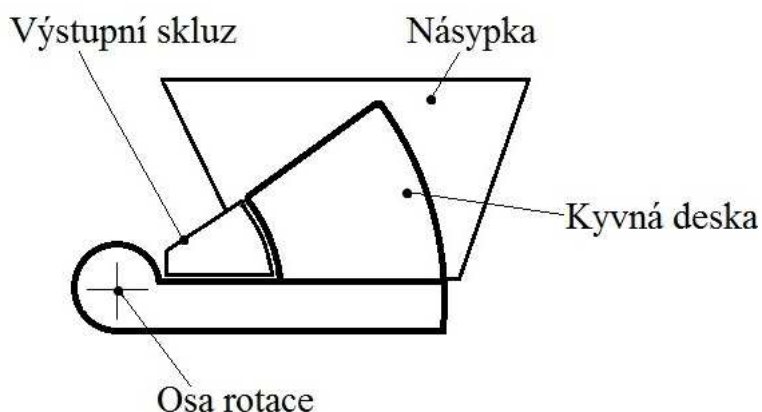
$$V \cong Z \cdot T \cdot a_p \cdot b_p \cdot h$$

$$V \cong 0,00367 \text{ m}^3 = \underline{\underline{3,67 \text{ l}}}$$

- Po konzultaci s firmou Alfa byl zvolen typový produkt firmy, který se používá pro podobné případy. Jedná se o předzásobník na principu pásového dopravníku. Pro tuto firmu by nebylo výhodné vyrábět nový typ předzásobníku. Není tedy součástí konstrukčního řešení v této práci.

3.3 Podavač s kyvnou deskou

Hlavním problémem u tohoto systému je pozice osy rotace kyvné desky. Ta se nachází na výstupu z podavače, proto je nutné provést modifikaci uložení kyvné desky. Tento problém je znázorněn na obr. 29.

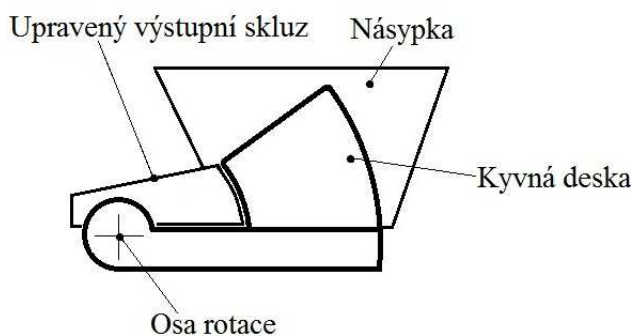


Obr. 29 Základní schéma podavače s kyvnou deskou

3.3.1 Uložení kyvné desky

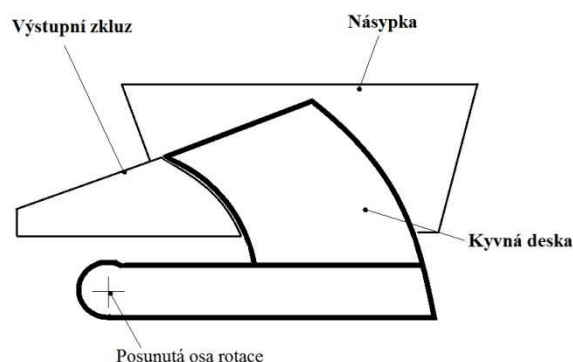
Aby byla zachována funkce tohoto podavače a fakt, že ve spodní pozici je dráha na kyvné desce ve vodorovné poloze, byly zvažovány tři možnosti, jak se vyhnout ose rotace.

- Změna sklonu výstupního skluzu tak, že dráha se přesune nad osu rotace, jak je znázorněno na obr. 30. Nicméně dostatečná redukce sklonu by mohla mít za následek zhoršení transportu dílů, zejména při vstupu do navazující hadičky.



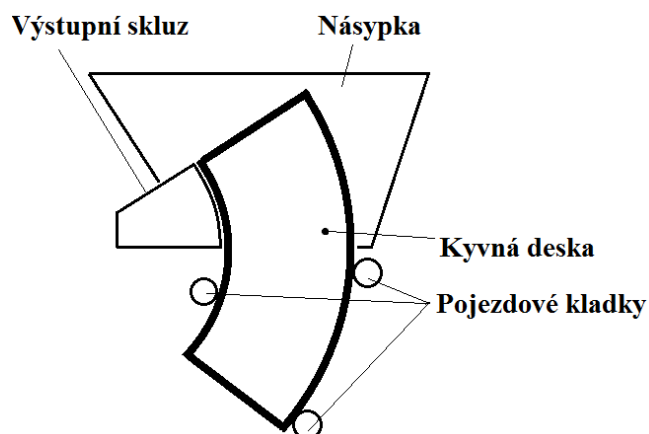
Obr. 30 Změna sklonu výstupního skluzu

- Posunutí osy rotace (obr. 31). Při této úpravě se osa rotace posune směrem dolů s tím, že z důvodu zachování vodorovné polohy dráhy v dolní poloze kyvné desky je dráha vyrobena s příslušným sklonem. Toto řešení je o něco náročnější na prostor, než ostatní. Toto provedení by také mohlo být více náchylné k zasekávání dílů v kritických místech (na největším poloměru).



Obr. 31 Posunutí osy rotace

- Použití pojezdových kladek (obr. 32). Tímto se docílí odstranění fyzické osy rotace. Tato možnost bude zřejmě nákladnější, než možnost předchozí, nicméně odstranění osy rotace nabízí lepší možnosti pro napojení na výstupu z podavače, i s ohledem na použití pro další aplikace.



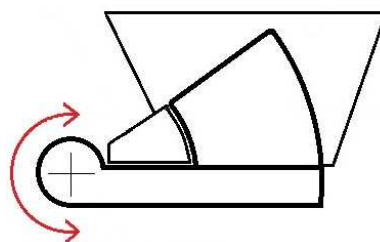
Obr. 32 Použití pojezdových kladek

3.3.2 Pohon kyvné desky

Vzhledem k faktu, že u automatické linky, pro kterou je tento systém určen, jsou použity primárně pneumatické pohony, byl výběr pohonu proveden z pneumatických pohonů. Výhodou pneumatických pohonů je poměrně nízká cena a snadná opravitelnost. Nevýhodou je vysoká cena výroby stlačeného vzduchu.

➤ Kyvný pohon

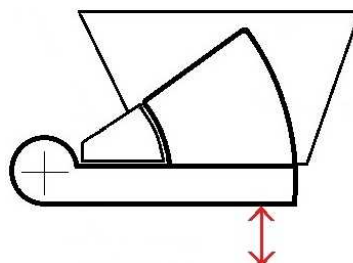
V tomto případě je použit kyvný pneumatický pohon. Pohyb desky je vyvolán momentem působícím v ose rotace (obr. 33).



Obr. 33 Působení momentu

➤ Přímočarý pohon

Jako pohon je použit přímočarý pneumatický pohon s vedením.



Obr. 34 Působení síly

3.3.3 Volba uložení a pohonu

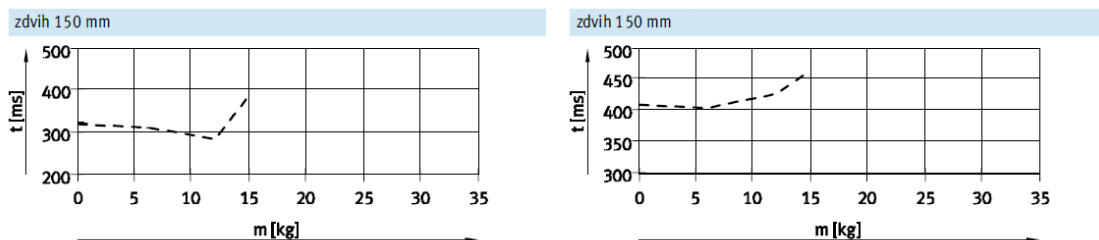
Pro konstrukční zpracování byla pro uložení zvolena třetí možnost, tedy použití pojezdových kladek, v kombinaci s přímočarým pneumatickým pohonem. Možnost s pojezdovými kladkami byla zvolena zejména kvůli zmíněným lepším možnostem pro napojení na výstup z podavače (volný prostor na výstupu). Přímočarý pohon je k tomuto typu nejlepší volba, právě z důvodu fyzicky neexistující osy rotace.

3.3.4 Konstrukční řešení podavače s kyvnou deskou

Na obr. 35 je popsáno konstrukční zpracování podavače. Kyvná deska je uložena pomocí pojezdových kladek *SKF NATR 8 PPA*, z čehož jedna z nich je uložena na excentrickém hřídeli, z důvodu vymezení vůlí. Kvůli uložení pomocí pojezdových kladek je deska kalená. Axiálně je deska vedena čtyřmi nepohyblivými vedeními. V desce je drážka, ve které se pohybuje nosný kolík připevněný k pneumatickému válci. Díky této vazbě a vhodně zvoleným tolerancím [11], je přímočarý pohyb pneumatického válce převeden na kývavý pohyb desky. Použitá pneumatická jednotka je od firmy *Festo*, typ: *DGSL-20-150-Y3A*. Jedná se o pneumatickou jednotku s přímočarým vedením a s tlumiči nárazu na obou stranách. Byl zvolen úhel kyvu 35° .

Nad násypkou je umístěno fotoelektrické čidlo, které monitoruje stav hladiny dílů v násypce. Jedná se o čidlo od firmy *Schneider Electric*, *XUM0APSAM8*. Toto čidlo je pro tyto aplikace předepsané zákazníkem. Dno má negativní úhel proto, aby většina případného nepořádku vypadla na vnějším okraji. Zároveň se tím předchází případnému zaseknutí dílů mezi deskou a násypkou.

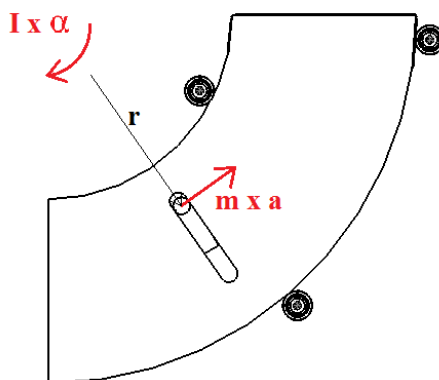
Nad výstupním skluzem se nachází stírač. Jedná se o díl upevněný na pneumatickém válci *Festo: ADNGF-12-30-P-A*. Jeho funkcí je předejít zasekávání dílů na výstupním skluzu. Vysunutím válce se odstraní díly, které se zasekly. K vysunutí stírače dojde při každém cyklu, a to v době, kdy bude kyvná deska ve spodní poloze.



Obr. 36 Minimální doba přejezdu válce v závislosti na užitečné hmotnosti (vodorovná poloha). Vlevo: vyjíždění. Vpravo: zajíždění [10]

zdvih [mm]	velikost	vyjíždění (k_a) ¹⁾	zajíždění (k_e)
30	8, 10, 12	0,95	1,2
	16, 20, 25	0,9	1,5
50	8, 10, 12	0,9	1,5
	16, 20, 25	0,9	1,5
100	10, 12, 16, 20, 25	0,8	1,5
150	12, 16, 20, 25	0,9	1,5
200	20, 25	0,9	1,5

Obr. 37 Tabulka koeficientů pro přepočet časů pro svislou polohu válce [10]



Obr. 38 Přepočet momentu setrvačnosti na odpovídající hodnotu užitečné hmotnosti

➤ Výpočet

Dáno:

Moment setrvačnosti k ose rotace: $I_o = 0,201674 \text{ kg} \times \text{m}^2$

Vzdálenost čepu od středu rotace ve spodní pozici: $r = 0,1896 \text{ m}$

Hmotnost kolíku a jeho úchyty: $m_k = 0,422 \text{ kg}$

Určit:

Celková odpovídající užitečná hmotnost: $m_{uc}=?$

Směr pohybu pneumatického válce svírá s drážkou v kyvné desce úhel 85° . Proto jde část síly do vedení.

$$m_{ud} \cdot a_v = \frac{I_o \cdot \alpha \cdot \sin 85^\circ}{r}$$

$$\alpha = \frac{a_v}{r}$$

$$m_{ud} = \frac{I_o \cdot \sin 85^\circ}{r^2}$$

$$m_{uc} = m_{ud} + m_k$$

Po dosazení dostáváme:

$$m_{uc} = 0,422 + \frac{0,201674 \cdot \sin 85^\circ}{0,1896^2} = \underline{\underline{6,01 \text{ kg}}}$$

➤ Zhodnocení výpočtu

Při porovnání výsledné hodnoty m_{uc} s tabulkami na obr. 36 lze odhadnout minimální čas zajíždění (pohyb desky směrem nahoru) t_z , kde je použit koeficient pro svislou polohu z tabulky na obr. 37 a vyjíždění (pohyb desky směrem dolů) t_v , kde koeficient použit není, protože by hodnotu zmenšil. Vzhledem k tomu, že v našem případě se jedná o obecnou polohu, tak byly použity vždy větší hodnoty.

$$t_z \cong 400 \cdot 1,5 \cong 600 \text{ ms}$$

$$t_v \cong 310 \text{ ms}$$

Je nutné si však uvědomit, že do výpočtu není zahrnuta hmotnost podávaných dílů, ani pasivní odpory. Nicméně lze z dosažených výsledků předpokládat, že zvolená jednotka vyhovuje. Zároveň jsou přibližně určeny minimální časy přejezdů.

Rozklad sil by byl značně nepřesný, z důvodu neznámých pasivních odporů vzniklých na pojezdových kladkách, ve vedení a zejména od dílů v násypce.

Dynamická únosnost pojezdových kladek je v porovnání s očekávanými silami velká ($C=5.28kN$). Při hmotnosti kyvné desky $3.57kg$ (hodnota odečtená z CAD modelu) lze říci, že únosnost kladek je dostatečná.

Lineární vedení na pneumatické jednotce má podle katalogových údajů [10] také velmi vysokou únosnost, proto není nutné počítat působení sil.

3.3.6 Výpočet doby jednoho cyklu

K minimálním dobám přejezdu je nutné připočíst dobu, za kterou všechny díly opustí dráhu na kyvné desce. Protože neznáme koeficient tření, použijeme tabulkovou hodnotu $f_{Fe}=0,2$ (koeficient tření ocel-ocel) [11]. Pro tento orientační výpočet je to postačující. Odvození vzorce pro čas opuštění dráhy t_o je elementární úloha (pohyb po nakloněné rovině), proto je zde uveden pouze výsledný výraz. Délka dráhy na kyvné desce je $l=0,15\text{ m}$. Úhel kyvu $\beta=35^\circ$.

$$t_o = \sqrt{\frac{2l}{g \sin \beta - f_{Fe} g \cos \beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,150}{9,81 \cdot \sin 35^\circ - 0,2 \cdot 9,81 \cdot \cos 35^\circ}} \cong \underline{\underline{0,27s}}$$

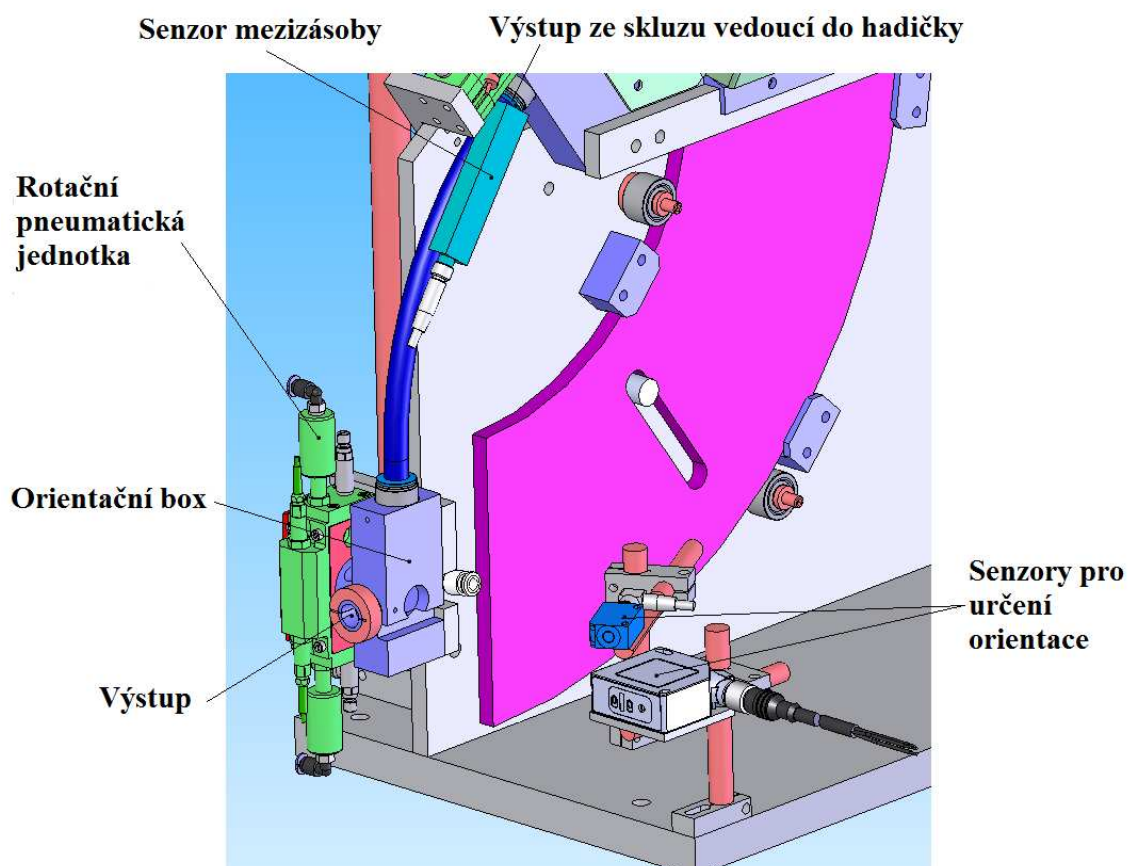
Po sečtení s časy přejezdů z předchozí kapitoly dostáváme minimální dobu jednoho cyklu t_{min} .

$$t_{min} = t_z + t_v + t_o = 0,600 + 0,310 + 0,270 = \underline{\underline{1,18s}}$$

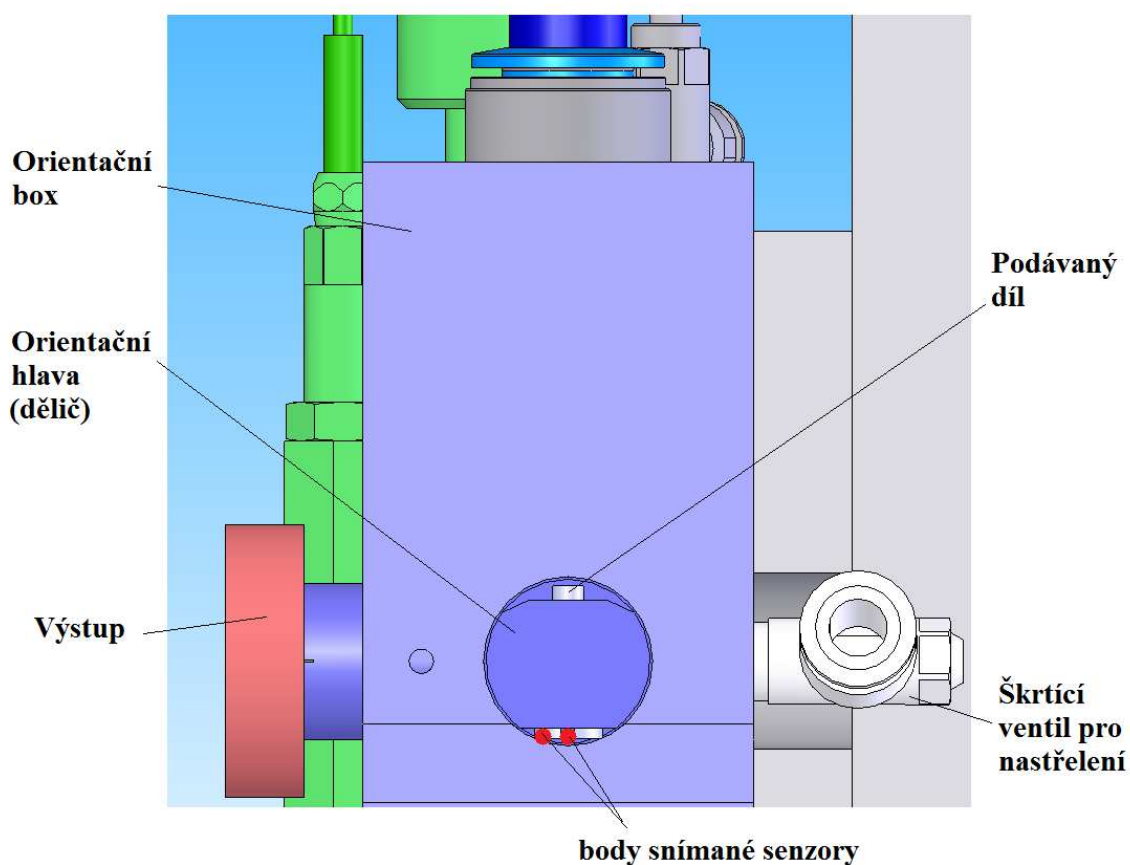
Při srovnání s grafem na obr. 26 v podkapitole 2.1, kde jsou popsány účinnosti tohoto systému pro případ podobný řešenému (minimální účinnost cca 27%), lze předpokládat, že systém splní požadavky na takt (takt stroje: $2400\text{ ks/h} = 1\text{ ks/1,5s}$).

3.4 Orientační mechanismus + senzory

Z výstupního skluzu vstoupí díly do hadičky, vedoucí do orientačního boxu, kde dojde k finální orientaci. Celý tento orientační mechanismus tvoří samostatnou jednotku a lze ho umístit na libovolnou pozici (při nedostatečné minimální zásobě před boxem). Rozpoznání orientace dílu zajišťuje dvojice neovlivňujících se senzorů. Jeden senzor je od firmy *Schneider Electric*, typ *PS 929 L2 S*. druhý je senzor firmy *Wenglor*, typ *CP25-70QXVT80*. Orientaci zajišťuje rotační pneumatická jednotka se dvěma středními polohami *AFAG RMZ12* (pro tuto aplikaci jsou střední polohy totožné). Na ni je napojena orientační hlava, do které spadne vždy jeden díl a na základě signálu ze senzorů se natočí požadovaným směrem. Díl je poté stlačeným vzduchem nastřelen do stroje. Celá tato část je popsána na obr. 39 a obr. 40.



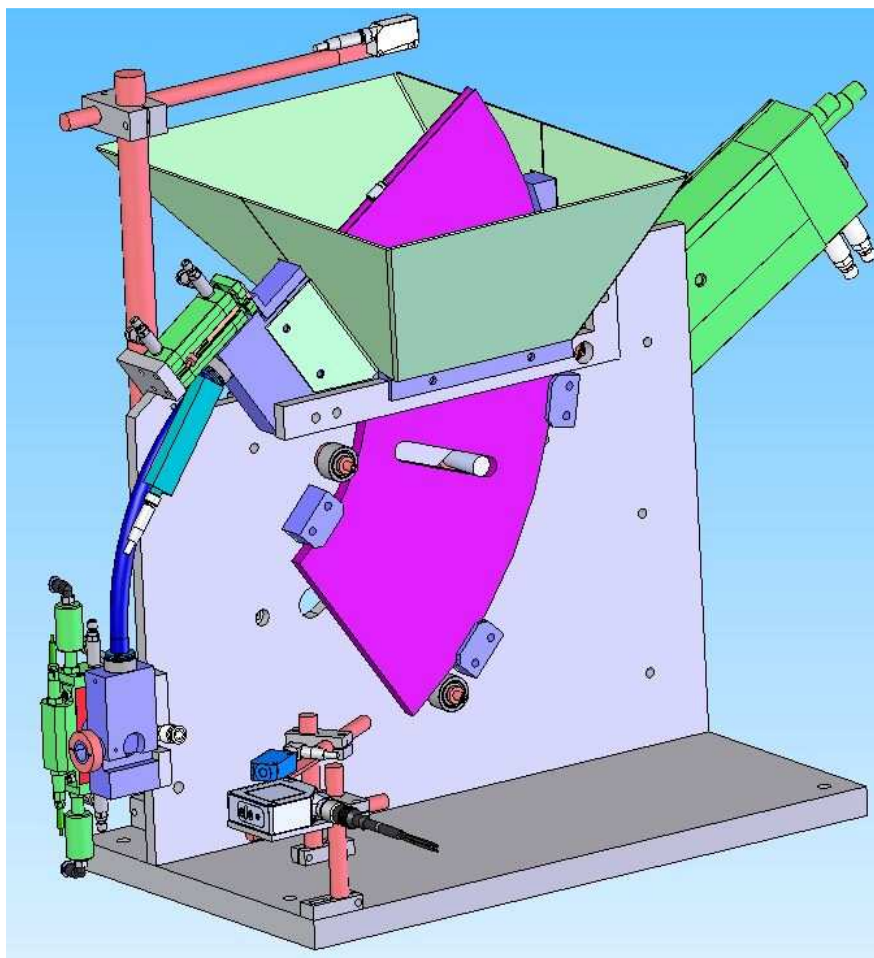
Obr. 39 Orientační mechanismus



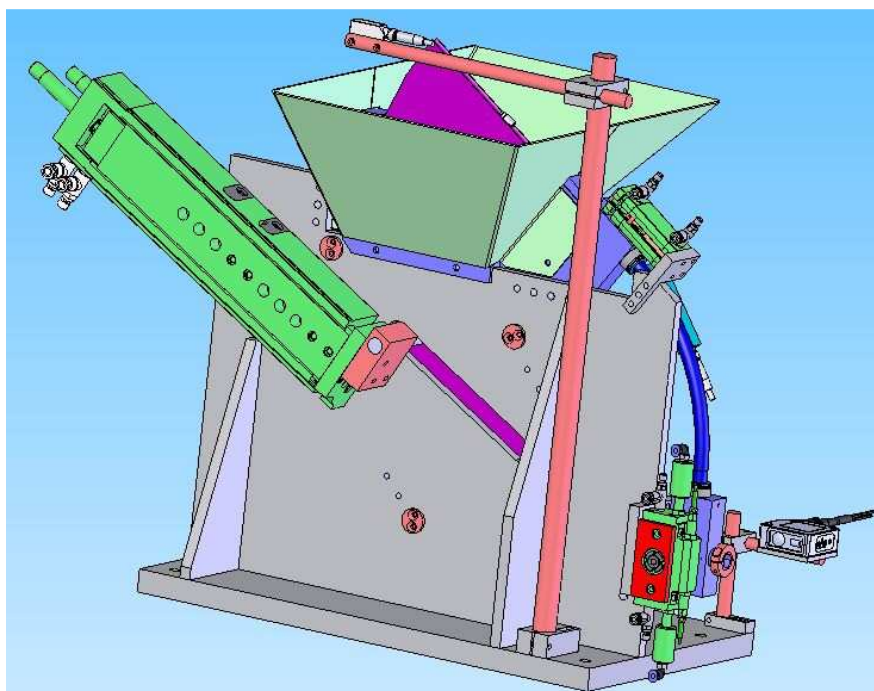
Obr. 40 Detail orientačního boxu

3.5 Kompletní podavač

Kompletní podavač, kromě předzásobníku je zobrazen na obr. 41 a obr. 42. Vysvětlivky k jednotlivým částem jsou uvedeny výše. Pro lepší seznámení s provedeným řešením je na přiloženém CD uložen model podávacího systému v programu *SolidWorks eDrawings 2009*. Není nutná instalace tohoto programu, stačí pouze spustit soubor *11013-22_podavac.exe*.



Obr. 41 Celkový pohled přední



Obr. 42 Celkový pohled zadní

4. Závěr

Z provedeného průzkumu oblasti podávacích systémů vyplývá, že v současnosti lze rozdělit podávací systémy do dvou hlavních kategorií. Jsou to vibrační systémy a mechanické systémy.

Vibrační systémy vynikají zejména svojí všestranností a širokými možnostmi uplatnění, díky čemuž jsou velmi frekventovaně používány. Jejich hlavní nevýhodou je zvýšená hlučnost a další problémy spojené s vibracemi.

Mechanické systémy jsou většinou konstrukčně jednodušší. Nejsou však tak všestranné, jako vibrační systémy. Uplatnění nalézají vždy pro specifické typy součástek.

Cílem řešení bylo nalézt vhodný systém pro podávání zadané součástky. Na základě průzkumu byl zvolen a zpracován podávací systém. Zvolený podávací systém pracuje na mechanickém principu, konkrétně na principu *podavače s kyvnou deskou*. Tento podavač je doplněn *předzásobníkem a orientačním mechanismem*.

Pro tuto firmu by nebylo výhodné vyrábět nový typ předzásobníku. Je tedy použit typový produkt této firmy, který pracuje na principu Pásového dopravníku. Předzásobník proto není součástí konstrukčního řešení v této bakalářské práci.

Podavač s kyvnou deskou a orientační mechanismus tvoří kompaktní celek, který však lze v případě nutnosti bez větších problémů rozdělit. Právě tato sestava byla hlavním předmětem řešení v této bakalářské práci.

Z kompletní výkresové dokumentace byl v souladu se zadáním bakalářské práce proveden výběr některých důležitých výkresů. Přiložen je výkres sestavení a výrobní výkresy vybraných součástí. V době odevzdání probíhá výroba tohoto podávacího systému firmou Alfa.

5. Seznam použité literatury

- [1] BOOTHROYD, Geoffrey. *Assembly Automation and Product Design: Second edition*. Boca Raton : CRC Press, 2005. 512 s.
- [2] Automation Devices, Inc. Basic Tooling Methods for Product Orientation [on-line]. Dostupné z URL: <<http://www.autodev.com/products/feeder-bowls/how-to-tool-a-bowl/orienting-part-shapes/>> [cit 5.2.2011].
- [3] Jakšiš, Nebojša I.; Maul, Gary P. *Flexible Air-Jet Tooling for Vibratory Bowl Feeder Systems* [on-line]. Dostupné z URL: <<http://www.springerlink.com/content/vhq6venrw3b77r71/fulltext.pdf>> [cit 5.2.2011].
- [4] SMITH, David Alkire. *Die design handbook*. Michigan : Society of Manufacturing Engineers, 1990. 928 s.
- [5] VSI Automation Assembly. *Feeders* [on-line]. Dostupné z URL: <<http://www.vsiauto.com/screwdriving/feeders.asp>> [cit 15.5.2011].
- [6] Fimotec-Fischer Montagetechnik. *Centrifugal feeders* [on-line]. Dostupné z URL: <http://www.fimotec.de/medien/ftp_upload/support/prospekte/ffm_zentri_fugalforderer_0909ie.pdf> [cit 16.5.2011].
- [7] Homer City Automation. *Centrifugal feeders* [on-line]. Dostupné z URL: <http://www.rotary-vibratory-feeders.com/PDF/HCA_Syntron_Rotary_Orienting_Feeders.pdf> [cit 16.5.2011].
- [8] CDS Manufacturing. *Step feeders* [on-line]. Dostupné z URL: <http://www.cdsmanufacturing.com/client_images/catalog19686/pages/files/STEPFEEDERS-PDF.pdf> [cit 16.5.2011].
- [9] RNA. *Standard equipment - Step feeder* [on-line]. Dostupné z URL: <http://www.rnaautomation.com/downloads/RNAStepFeeder_GB.pdf> [cit 16.5.2011].
- [10] FESTO. *Dokumentace pro Saně Mini DGSL, metrické rozměry* [on-line]. Dostupné z URL: <https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DGSL_CZ.PDF> [cit 17.5.2011].
- [11] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. čtvrté doplněné vydání. Úvaly : Albra-pedagogické nakladatelství, 2008. 914 s.

6. Seznam příloh

Příloha I: Seznam nakupovaných dílů

Příloha II: Výběr z výkresové dokumentace